Tischanalogrechner RA 742

Anwendung

Der Tischanalogrechner **RA 742** als jüngstes Glied der bewährten Rechnerserie 740 löst die Typen RAT 740 und RA 741 ab. Er ist, wie diese, ein zuverlässig arbeitendes Hilfsmittel hoher Genauigkeit besonders bei der

- Bearbeitung gewöhnlicher und mit Einschränkungen partieller Differentialgleichungen
- Untersuchung dynamischer Vorgänge auf allen physikalisch-technischen und biologisch-medizinischen Forschungsgebieten
- Simulation von Prozessen, Anlagen und Geräten.

Gegenüber seinen Vorgängern bietet er mehr Bedienungskomfort, und weist einige Merkmale auf, die seine Eignung zur Lösung von komplizierten mathematischen und technischen Problemen weiter verbessern.
Bei der Verwendung als Nebenrechner größerer Anlagen ist auch eine direkte Parallelarbeit mit den Präzisionsanalogrechnern RA 770 und RA 800 HYBRID möglich.

Besondere Merkmale

- Erhöhte Bandbreite der Rechenverstärker
- Großer Bereich der Repetierzeiten; stetige Einstellung zwischen 10 ms und 110 s
- Drei frei wählbare Rechenkondensatoren je Integrierer
- Einzelsteuerung jedes Integrierers; wahlweise über Schnellschaltrelais (800 µs) oder elektronische Schalter (1 µs)
- Integriersteuerung unmittelbar durch die aktiven Elemente des Digitalzusatzes DEX 102 möglich
- Kurzschlußfeste Rechenverstärker, unzerstörbare Absicherung der Koeffizientenpotentiometer durch Kaltleiter und elektronischer Überlastungsschutz der Referenzspannung sowie der Netzgeräte.

- Ausbaumöglichkeit für Analogrechenanlagen mit großen Verstärkerzahlen durch Parallelschaltung von maximal drei Rechnern
- Wirtschaftliche Erweiterung des Umfangs linearer und nichtlinearer Rechenelemente durch direkt anschließbare Zusatzgeräte
- Stufenweiser Anlagenaufbau ohne mechanische Umrüstung durch einschiebbare Rechenelemente auf Steckkarten
- Anpassung der Bestückung an die jeweilige Aufgabenstellung durch Einsatz problemorientierter Funktionsnetzwerke
- Systemkonzept zur Anlagenerweiterung durch direkt anschließbaren Digitalzusatz DEX 102
- Iteratives und abschnittweises Rechnen durch Integriersteuerung vom Digitalzusatz aus
- Iterierendes Rechnen mit mehreren Zeitgebern bei Parallelschaltung von zwei oder drei Rechnern möglich.

Bedienungskomfort

- Betriebsartenwahl durch Leuchttasten
- Für die Betriebsarten „Pause", „Einmal Rechnen" und „Halt" auch Externsteuerung durch Steuerbuchsen auf dem Programmierfeld
- Tastenanwahl aller Rechenelemente mit Direktanzeige der Ausgangsspannungen am eingebauten Voltmeter und am anschließbaren Digitalvoltmeter oder Oszillographen
- Bei Parallelbetrieb, Betriebsartensteuerung der Gesamtanlage durch einen frei wählbaren Hauptrechner
- Zentraler Anschluß aller Ausgabegeräte
- Koppelfelder, die bei der Parallelschaltung von weiteren Rechnern, Zusatzgeräten oder Digitalzusätzen, automatisch Querverbindungen für die Weitergabe von Rechen- und Steuerspannungen herstellen
- Durchschaltung aller Steuer- und Meßleitungen sowie der Referenzspannung auf den Hauptrechner
- Einzelsteuerung von Integrierern durch den Digitalzusatz über ein mehradriges Querverbindungskabel
- Zeitgeber mit eigenem Zeitgeberverstärker
- Vereinfachte Funktionsgebereinstellung durch Einstellgerät
- Kompensationsmeßeinrichtung für genaue Potentiometer- und Funktionsgebereinstellung
- Gesonderte Zehngang-Präzisionspotentiometer für Kompensationsmessung und Zeitgebereinstellung
- Automatische Übersteuerungsanzeige
- Automatischer Übersteuerungshalt zusätzlich einschaltbar.

Rechenelemente

Rechenverstärker

Die chopperstabilisierten Verstärker bestehen jeweils aus zwei Steckeinheiten, die in vorverdrahtete Magazine einsteckbar sind und teilweise als Summierer, Integrierer oder Umkehrer verwendet werden können. Summierer und Integrierer haben je fünf Eingänge (1, 1, 1, 10 und 10) und einen am Programmierfeld zugänglichen Summenpunkt. Fünf Summierer sind als offene Verstärker programmierbar, während zwei weitere über abtrennbare und frei programmierbare Eingangsnetzwerke verfügen.
Alle Integrierer sind einzeln steuerbar. Die Betriebsartensteuerung kann dabei entweder von der zentralen Steuereinheit oder von digitalen Elementen des Digitalzusatzes DEX 102 vorgenommen werden. Jedes Integriernetzwerk besteht aus drei Kondensatoren der Größe 5 µF, 0,5 µF und 0,05 µF, wobei der kleinste fest in die Rückführung eingebaut ist. Die Genauigkeit der Rechenkomponenten in Bezug auf die Widerstände und Kondensatoren beträgt 10^{-4}.

Koeffizientenpotentiometer

Die Potentiometer sind drahtgewickelte, zehngängige Handpotentiometer von hoher Präzision. Zu ihrer Absicherung sind Kaltleiter (Glühlämpchen) eingesetzt, die durch ihre Strombegrenzung die Potentiometer vor Überlastung schützen.

Multiplizierer

Es stehen vier standardmäßig eingebaute Parabelmultiplizierer mit einer Genauigkeit von 0,1 % zur Verfügung (zusätzliche Parabelmultiplizierer siehe Abschnitt Funktionsplätze).
Durch entsprechende Programmierung eines Parabelmultiplizierer-Netzwerkes in die Rückführung eines offenen Verstärkers lassen sich die Operationen „Dividieren" und „Radizieren" durchführen.

Variable Funktionsgeber

Die variablen Funktionsgeber erlauben es, vorgegebene Kurven durch Polygonzüge, bestehend aus 20 Geradenstücken, nachzubilden. Dabei sind die 21 Knickpunkte in äquidistanten Abschnitten fest voreingestellt. Die Einstellung der Funktionswerte wird mit Hilfe des zehnstufigen Spannungsteilers und der Kompensationsmeßeinrichtung des Rechners oder mit einem Digitalvoltmeter vorgenommen.
Wird ein Funktionsgeber nicht benötigt, so können die beiden Funktionsgeberverstärker über einen Drucktastenschalter vom Funktionsgebernetzwerk abgetrennt werden und stehen dann als Umkehrer zur Verfügung.

Komparatoren

Die Komparatoren ermöglichen die Umschaltung von Analog-Rechenspannungen. Solange kein Digitalzusatz angeschlossen ist, sind jedem Komparatorverstärker zwei Komparatorschalter fest zugeordnet. Beim Anschluß eines Digitalzusatzes befinden sich die Ausgänge der Komparatorverstärker auf dem Digital-Programmierfeld, ebenso auch die Steuereingänge der Komparatorschalter. Dadurch besteht die Möglichkeit, den analogen Rechenvorgang durch digitale Steuerabläufe zu beeinflussen.

Funktionsplätze

Auf 8 Funktionsplätzen, die von der Rechnerrückseite zugänglich sind, können nachfolgend aufgeführte Komponenten eingesetzt werden:

(Die in Klammern angeführten Zahlen geben an, wieviele Funktionsplätze durch die jeweilige Einheit belegt werden.)

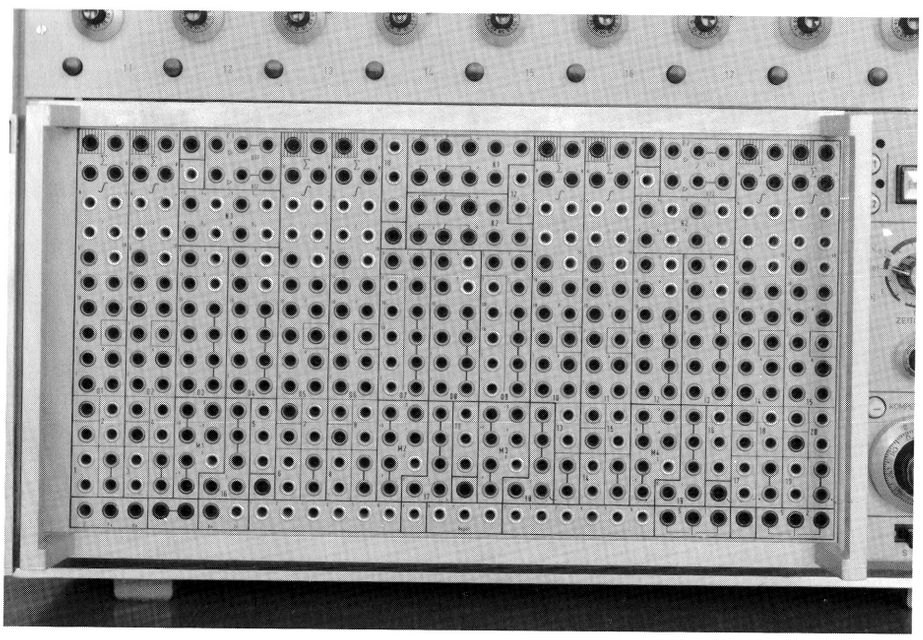
- Netzwerke für feste Funktionen
  - Parabelmultiplizierer $X \cdot Y$ (4)
  - Quadratfunktion $+ X^2$ oder $- X^2$ (4)
  - Sinusfunktion $\sin \frac{\pi}{2} X$ oder $\sin \pi X$ (2)
  - Cosinusfunktion $\cos \frac{\pi}{2} X$ oder $\cos \pi X$ (2)
  - Arcus-Sinusfunktion $\frac{2}{\pi} \arcsin X$ (2)
  - Logarithmusfunktion $+ \frac{1}{2} \lg (- 100 X)$ und Logarithmusfunktion $- \frac{1}{2} \lg 100 X$ (2)
- Netzwerke für variable Funktionen (einstellbare Universalfunktionen) (1)

Es stehen 8 verschiedene Kartentypen mit jeweils 5 bzw. 6 verschiebbaren Knickpunkten zur Verfügung, die entsprechend der gewünschten Funktion kombiniert werden können.

- Zwei Speichernetzwerke (4)
- Zwei Komparatorschalter (4)
  (wahlweise mechanisch oder elektronisch)
- Rauschgenerator (4)
- Universalknickfunktion (Begrenzer) (4)

Für weitere Rechenelemente stehen Zusatzgeräte zur Verfügung.

Programmierfeld



Die Anordnung der Rechenelemente mit ihren Ein- und Ausgängen ist auf dem auswechselbaren Programmierfeld so vorgenommen, daß einerseits ein leichtes Auffinden der verchiedenen Rechenelemente möglich ist und daß andererseits viele Verbindungen mit Kurzschlußsteckern hergestellt werden können. Die Übersichtlichkeit wird außerdem durch einen entsprechenden Farbcode der Buchsen erhöht.
Alle Rechenelemente sind kurzschlußfest ausgelegt, so daß durch irrtümliches Herstellen falscher Verbindungen kein Schaden angerichtet wird. Durch das Aufleuchten von Übersteuerungsanzeigen bzw. Kontrollanzeigen der Referenzspannungen wird auf derartige Programmierfehler aufmerksam gemacht.

Bediengerät

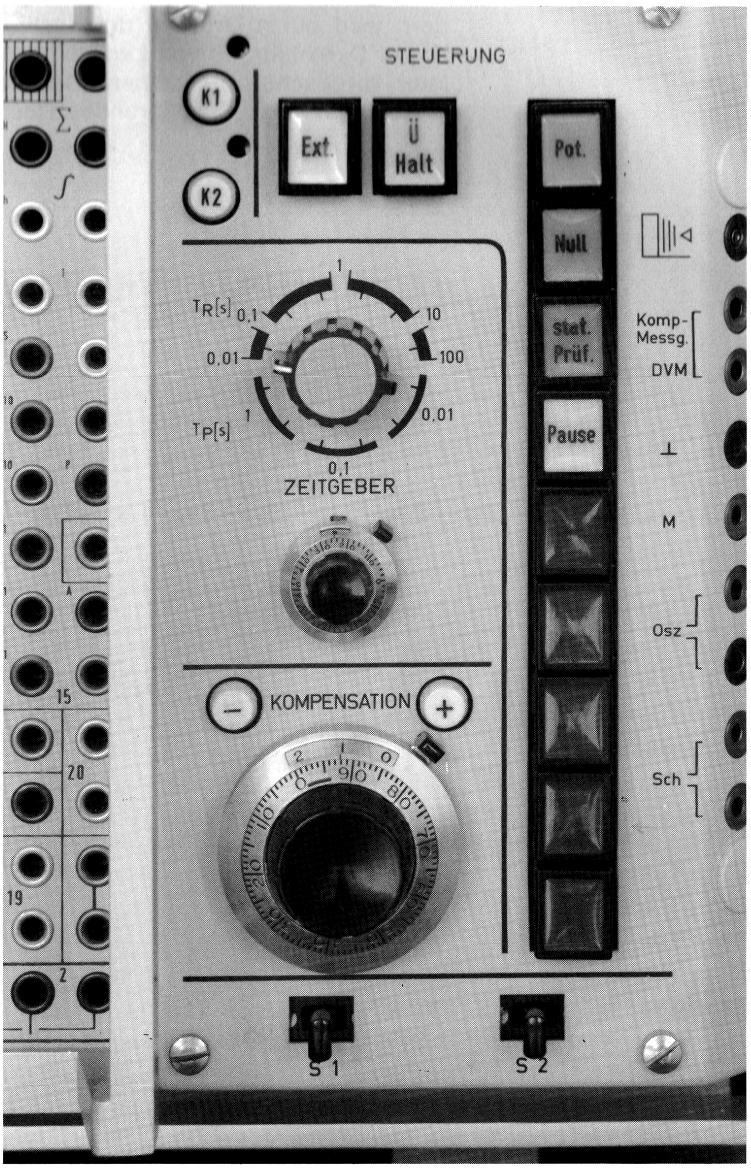
Das zentrale Bediengerät steuert den Rechner und die Ausgabegeräte. Es enthält die Betriebsartensteuerung, den Zeitgeber und die Kompensationsmeßeinrichtung.

Betriebsartenwahl

Die Betriebsarten werden durch Drücken der entsprechend bezeichneten Leuchttasten am Bediengerät gewählt. Sie können bei Zusammenschaltung mit dem Digitalzusatz auch in Abhängigkeit von errechneten Größen von diesem gesteuert werden.

Taste **„Pause“**

Die Betriebsart „Pause“ ist der Ausgangszustand aller Rechenvorgänge. Bei gedrückter Pausentaste übernehmen die Integrierer die programmierten Anfangswerte.



Taste **„Einmal Rechnen“**

Bei Betätigung der Taste „Einmal Rechnen“ läuft der Rechenvorgang für z. B. schreibende oder fotografische Aufzeichnung (XY-Schreiber bzw. Oszillograph) mit einstellbarer Rechenzeit zwischen 10 ms und 110 s einmalig ab. Dieser Vorgang kann auch über den Fotokontaktauslöser gestartet werden.

Taste **„Repetierend Rechnen“**

Solange diese Taste betätigt ist, ergibt sich ein zyklischer Wechsel zwischen Rechnen und Pause. Der Zeitgeber erlaubt eine kontinuierliche Einstellung der Rechenzeit zwischen 10 ms und 110 s, wobei sich die Pausenzeit automatisch anpaßt.

Taste **„Rechnen mit Halt“**

Bei dieser Betriebsart arbeitet der Rechner mit der am Zeitgeber eingestellten Zeit und geht anschließend in die Halt-Stellung. Alle Rechenspannungen sind dann auswertbar. Durch Betätigung der Taste „Weiter“ kann die Rechnung von diesem Zustand aus weitergeführt werden.

Taste **„Dauerrechnen“**

In dieser Betriebsart ist das Rechenzeitende nicht fest vorgegeben, sondern wird durch Drücken der Taste „Halt“ oder „Pause“ bestimmt. Sie ist zur Durchführung von Langzeitrechnungen und beim Einsatz als Simulator vorgesehen. Es stehen aber auch während dieser Betriebsart die Steuersignale für repetierendes Rechnen auf dem Programmierfeld zur Verfügung.

Taste **„Halt“**

Die Betriebsart „Halt“ ermöglicht das willkürliche Anhalten der Rechnung zu jedem Zeitpunkt. Alle Rechenspannungen bleiben dabei erhalten und können gespeichert werden. Die Auslösung kann auch über eine Steuerbuchse erfolgen.

Taste **„Potentiometer Einstellen“**

Durch Drücken der Potentiometer-Taste werden alle Koeffizientenpotentiometer zur Einstellung vorbereitet.

Taste **„Nullen“**

Diese Taste dient in Verbindung mit den Verstärker-Anwahltasten zum Nullabgleich der Rechenverstärker

Taste **„Statisches Prüfen“**

Die Betriebsart „Statisches Prüfen“ gestattet das Prüfen von Rechenschaltungen auf richtige Programmierung und Koeffizienteneinstellung durch Messung stationärer Lösungswerte und Vergleich mit zuvor rechnerisch ermittelten diskreten Lösungen.

Standardbestückung

23 Rechenverstärker (frei programmierbar), davon
- 8 Integrierer/Summierer (umschaltbar mit je drei Integrierkondensatoren, einzeln steuerbar nach Wahl über Schnellschaltrelais oder elektronische Schalter)
- 7 Summierer
- 4 Umkehrer/Summierer mit erweiterbarem Eingangsnetzwerk
- 4 Umkehrer, frei verfügbar bei Nichtbenutzung der Funktionsgeber

2 Zusätzliche Eingangsnetzwerke

19 Koeffizientenpotentiometer (zehngängig) mit unzerstörbaren Sicherungen

1 Spannungsteiler (zehnstufig) für Funktionsgebereinstellung. Auch für Koeffizienteneinstellung verwendbar

2 Variable Funktionsgeber mit festen Knickpunkten und je 20 Strecken. Auf 2 Maximalsteigungen umschaltbar (1 : 1,7 und 1 : 5)

4 Parabelmultiplizierer-Netzwerke (gegen feste Funktionsgeber oder variable Funktionsgeber mit verschiebbaren Knickpunkten austauschbar)

2 Komparatorverstärker mit am Programmierfeld herausgeführten binären Ausgängen

4 Komparatorschalter, nach Wahl mechanisch oder elektronisch

2 Funktionsschalter

8 Funktionsplätze (unbestückt) zur Aufnahme von Steckeinheiten nach Wahl (siehe Seite 35)

1 auswechselbares Programmierfeld

1 Satz Programmierzubehör mit zusätzlichen Programmierelementen

Abmessungen des Programmierfeldes

Höhe	218 mm
Breite	365 mm

Zubehör für den Rechner

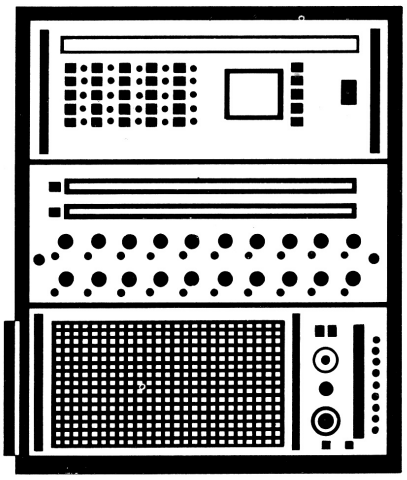
1 Satz Programmierzubehör:
- 8 Umschaltstecker, vierpolig
- 40 Kurzschlußstecker, zweipolig
- 20 Rechenschnüre 0,125 m lang
- 20 Rechenschnüre 0,25 m lang
- 20 Rechenschnüre 0,50 m lang
- 8 Rechenschnüre 1,00 m lang
- 12 Rechenschnüre 1,50 m lang

} sortiert in den Farben schwarz, rot, blau, grün

1 Kabelrechen

1 Flexo-Schuko-Leitung

RA 742



Referenzspannung + 10 V und − 10 V

Inkonstanz ≦ 0,005 %

Rechenkomponenten

Eingangswiderstände der Integrierer/Summierer	
Bewertung 1	200 kΩ ± 0,02 %
Bewertung 10	20 kΩ ± 0,02 %
Anfangsbedingung	20 kΩ ± 0,02 %
Rückführwiderstand	200 kΩ ± 0,02 %
Rechenkondensatoren	5 / 0,5 / 0,05 µF
Abgleichfehler (Raumtemp. 23° C)	0,05 %
Langzeitfehler	< 0,03 % / Jahr
Temperaturfehler	$-100 \cdot 10^{-6}$ / ° C

Integrierer-Steuerschalter

mechanisch: Schaltzeit	800 µs typ.
Schaltzeitstreuung	± 200 µs
elektronisch: Schaltzeit	1 µs typ.

Rechenverstärker
Allgemeine Daten

Grenze der Spannungssteuerung bei Belastung mit 10 mA	10,5 V
Gleichspannungsverstärkung	10^9 typ.
Eingangswiderstand	> 100 kΩ
Frequenz bei Verstärkung 0 dB	250 kHz typ.
Verstärkung bei 1 kHz	$2 \cdot 10^3$
Nullpunktfehler bezogen auf den Summenpunkt	
Langzeitdrift	5 µV / 24 h
Temperaturdrift	≦ 0,5 µV/° C

Daten der Inverter

Rückführwiderstand	20 kΩ	200 kΩ
Bandbreite (3 dB) (Kleinsignal)	170 kHz	45 kHz
Impulsanstiegszeit	15 µs / 10 V	30 µs / 10 V
Phasenfehler		
bei 100 Hz	0,015°	0,08°
bei 1 kHz	0,15°	0,8°
Dyn. Amplitudenfehler		
bei 100 Hz	$< 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$
bei 1 kHz	$2 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$
Rauschen am Ausgang bei voller Bandbreite	0,2 mV typ.	0,5 mV typ.

Parabelmultiplizierer

Multiplizierer SPM 134	
Produktfehler X · Y	0,1 % FS
Nullpunktfehler X · 0 bzw. Y · 0	0,05 % FS
Temperaturfehler	0,01 % FS/°C

(Weitere Daten siehe Abschnitt Funktionsnetzwerke Seite 35)

Koeffizientenpotentiometer

drahtgewickelt, zehngängig	
Widerstand	5 kΩ
Auflösung	0,02 %

Funktionsgeber

Zur Einstellung beliebiger Funktionen in vier Quadranten
Approximation durch Geraden mit variabler Steigung in 20 festen Abschnitten. Ein 21. Potentiometer verschiebt die gesamte Funktion zwischen + 10 V und − 10 V

Konstanz- und Reproduzierbarkeit	0,05 % FS
Maximale Steigung (umschaltbar)	1,7/5 V/V
Rauschen am Ausgang	
Steilheit 1 : 1,7	5 mV typ.
Steilheit 1 : 5	10 mV typ.

Komparatorverstärker

Ansprechempfindlichkeit	1 mV typ.
Ausgangssignal	binär 0 ≙ 0 V binär 1 ≙ 10 V
Schaltzeit	10 µs typ.

(Weitere Daten siehe Abschnitt Funktionsnetzwerke Seite 36)

Komparatorschalter

Ansteuerung durch binär 0 bzw. 1 aus Komparatorverstärkern oder Elementen des Digitalzusatzes. Wahlweise mechanische oder elektronische Schalter.

Schaltzeiten	600 ± 100 µs (mechanisch) 2 µs (elektronisch)

(Weitere Daten siehe Abschnitt Funktionsnetzwerke Seite 36)

Stromversorgung

Netzspannung	110, 127, 220 und 240 V (± 10 %) 47 bis 63 Hz
Leistungsaufnahme	120 VA (bei voller Bestückung)

Abmessungen

Höhe	670 mm
Breite	550 mm
Tiefe	500 mm

Gewicht 105 kg

Abmessungen des Programmierfeldes

Höhe	218 mm
Breite	380 mm

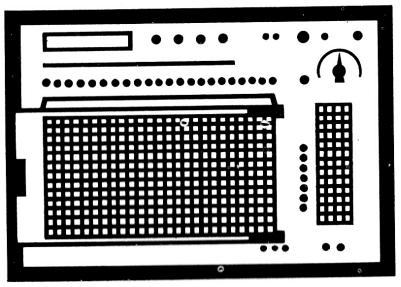
Zubehör für den Rechner

1 Satz Programmierzubehör:
- 8 Umschaltstecker, vierpolig
- 40 Kurzschlußstecker, zweipolig
- 20 Rechenschnüre 0,125 m lang
- 20 Rechenschnüre 0,25 m lang
- 20 Rechenschnüre 0,50 m lang
- 8 Rechenschnüre 1,00 m lang
- 12 Rechenschnüre 1,50 m lang

} sortiert in den Farben schwarz, rot, blau, grün

1 Kabelrechen
1 Flexo-Schuko-Leitung
2 Programmierelemente 200 kΩ
2 Programmierelemente 20 kΩ
2 Programmierelemente unbestückt
4 Programmierelemente mit 1 Diode
2 Programmierelemente mit 2 antiparallel geschalteten Dioden.

Digitalzusätze



Schaltungsaufbau
Zweistufige passive Verknüpfungen, mehrstufige Verknüpfungen durch Zwischenschalten von Verstärkern bzw. Invertern

Taktauslösung
Handtakt und Dauertakt

Taktfrequenz
1 Hz, 2,5 Hz, 50 Hz, 100 Hz, 1 kHz und 10 kHz

Fremdsynchronisierung
Ansteuerpegel 6 V, mit neg. Flanke, Steilheit > 10 V/µs

Zeitglied-Verzögerung
von 0,01 bis 10 s stetig einstellbar

Normierung
alle Flipflops zentral